

**ANALISA PENYETELAN RELAI GANGGUAN TANAH (GFR) PADA  
PENYULANG TRAFO 2 30 MVA 70/20 KV DI PT. PLN (PERSERO)  
GARDU INDUK BOOM BARU PALEMBANG**



**LAPORAN AKHIR**

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan  
Diploma III Pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi  
Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya**

**Oleh :**

**EKA APRIANTI PERMATA SARI**

**061230311551**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG**

**2015**

**ANALISA PENYETELAN RELAI GANGGUAN TANAH (GFR) PADA  
PENYULANG TRAFO 2 30 MVA 70/20 KV DI PT. PLN (PERSERO)  
GARDU INDUK BOOM BARU PALEMBANG**



Oleh :

**EKA APRIANTI PERMATA SARI**

**061230311551**

Menyetujui,

**Palembang, Juni 2015**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Ir. Muhammad Yunus, M.T.**

**NIP. 195702281988111001**

**Ir. Siswandi, M.T.**

**NIP. 196409011993031002**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ketua Program Studi**

**Teknik Listrik**

**Ir. Ali Nurdin, M.T.**

**NIP. 196212071991031001**

**Herman Yani, S.T., M.Eng.**

**NIP. 196510011990031006**

***Motto :***

- *Kecerdasan bukanlah tolak ukur kesuksesan, tetapi dengan cerdas kita dapat menggapai kesuksesan.*
- *Kesuksesan berbanding lurus dengan tindakan yang kita lakukan.*
- *Tidak ada yang tidak bisa dilakukan jika ada kemauan. (Ir. Muhammad Yunus, M.T.)*

***Kupersembahkan Kepada :***

- *Orangtuaku Terkasih*
  - *Adikku Tersayang*
  - *Teman Seperjuangan 6 ELC*
- 2012*
- *Almamaterku, Politeknik Negeri*
- Sriwijaya*

## **ABSTRAK**

### **Analisa Penyetelan Relai Gangguan Tanah (GFR) pada Penyulang Trafo 2 30 MVA 70/20 kV di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Boom Baru Palembang**

---

**Eka Aprianti Permata Sari**

**0612 3031 1551**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Program Studi Teknik Listrik**

**Politeknik Negeri Sriwijaya**

Jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV adalah jaringan distribusi primer yang dipasok dari Gardu Induk atau Pusat Listrik Tenaga Diesel (sistem isolated) mempergunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Gangguan hubung singkat sering terjadi pada jaringan 20 kV, antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Jika koordinasi proteksi kurang baik maka dapat menyebabkan pemadaman yang meluas. Untuk itu digunakan peralatan proteksi yaitu relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR). Pada laporan akhir ini akan dibahas mengenai penyetelan relai gangguan tanah (GFR) yang akan bekerja menginstruksikan PMT untuk membuka sehingga SKTM/SUTM yang terganggu akan dipisahkan dari jaringan. Dari hasil pembahasan diketahui arus gangguan satu fasa ke tanah yang dipengaruhi oleh lokasi gangguan dan penyetelan relai gangguan tanah yang dihitung masih dalam kondisi yang sesuai dengan yang telah disetel di lapangan.

*Kata Kunci : Proteksi, Arus Gangguan, Relai Gangguan Tanah*

## **ABSTRACT**

### **Analysis Setting of Ground Fault Relay at Feeders of Transformer 2 30 MVA 70/20 kV in PT. PLN (Persero) Boom Baru Substation Palembang**

---

**Eka Aprianti Permata Sari**

**0612 3031 1551**

**Electro Engineering Majority**

**Electrical Engineering Study Program**

**State Polytechnic of Sriwijaya**

Medium voltage distribution network is a network of 20 kV primary distribution substations supplied from power plants or diesel using medium voltage cable line (SKTM) or medium voltage air line (SUTM). Short circuit often occurs at 20 kV network, interphase (3 phase or 2 phase), short circuit or phase to ground. If the protection is less good coordination, it can cause widespread blackout. So protective equipment used is over current relay (OCR) and ground fault relay (GFR) which will work to instruct the PMT to open so disturbed SKTM be separated from network. From the discussion known that 1 phase fault current to ground influenced by fault location and setting of ground fault relay is calculated in accordance with the conditions that have been set in the field.

*Key Words : Protection, Fault Current, Ground Fault Relay*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir tepat pada waktunya.

Penulisan laporan ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan Diploma III pada jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Muhammad Yunus, M.T., selaku pembimbing I.
2. Bapak Ir. Siswandi, M.T., selaku pembimbing II.

Yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta nasihat kepada penulis dalam berkonsultasi sehingga dapat menyelesaikan laporan akhir ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih atas bantuan dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir di Politeknik Negeri Sriwijaya kepada :

1. Bapak RD. Kususmanto, S.T., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Ali Nurdin, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Siswandi, M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Bapak Herman Yani, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Semua dosen dan staff Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Bapak Himmel Sihombing, selaku Manajer PT. PLN (Persero) UPT Palembang.
7. Bapak Soni Iriwansyah, selaku Assisten Manajer Bidang HAR (Pemeliharaan) PT. PLN (Persero) UPT Palembang.
8. Bapak Herman, selaku Manajer Tragi Boom Baru Palembang.

9. Bapak Tugino, selaku Supervisor Gardu Induk Boom Baru Palembang.
10. Staff kepegawaian di PT. PLN (Persero) UPT Palembang, khususnya Bidang HAR (Pemeliharaan)
11. Teman-teman 6 ELC 2012.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam melancarkan penulisan laporan akhir ini.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis guna perbaikan untuk selanjutnya. Semoga laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi semua, khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya.

Palembang, Juni 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                 | Halaman    |
|---------------------------------|------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>      | <b>i</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b> | <b>ii</b>  |
| <b>MOTTO .....</b>              | <b>iii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>            | <b>iv</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>      | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>          | <b>vi</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>       | <b>xi</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>       | <b>xii</b> |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>    | <b>xiv</b> |

### **BAB I    PENDAHULUAN**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang.....        | 1 |
| 1.2 Tujuan dan Manfaat.....    | 2 |
| 1.2.1 Tujuan.....              | 2 |
| 1.2.2 Manfaat.....             | 2 |
| 1.3 Perumusan Masalah.....     | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah.....       | 3 |
| 1.5 Metode Penulisan.....      | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 4 |

### **BAB II    TINJAUAN PUSTAKA**

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Sistem Pengaman.....   | 5  |
| 2.1.1 Klasifikasi Sistem Pengaman.....                                       | 7  |
| 2.1.2 Jenis Pengaman yang Digunakan Pada Jaringan Tegangan<br>Menengah.....  | 10 |
| 2.1.3 Sistem Pengaman Terhadap Arus Lebih Jaringan Tegangan<br>Menengah..... | 12 |
| 2.2 Sistem Pentanahan.....   | 13 |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.3   | Pentanahan Tegangan Menengah.....  | 14 |
| 2.4   | Penyetelan Relai Gangguan Satu Fasa Tanah (GFR) pada Jaringan<br>Tegangan Menengah 20 kV Gardu Induk Boom Baru<br>Palembang..... | 15 |
| 2.4.1 | Perhitungan Impedansi Sumber.....  | 17 |
| 2.4.2 | Perhitungan Reaktansi Trafo Tenaga (Daya).....   | 18 |
| 2.4.3 | Perhitungan Impedansi Feeder 20 kV (Penyulang).....  | 20 |
| 2.4.4 | Perhitungan Impedansi Ekuivalen.....   | 20 |
| 2.4.5 | Perhitungan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....  | 22 |
| 2.4.6 | Perhitungan Setting Relai.....   | 22 |

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1   | Tahapan Penulisan Laporan Akhir.....            | 24 |
| 3.2   | Tahap Pengumpulan Data.....                     | 24 |
| 3.3   | Tahap Pengolahan Data.....                      | 31 |
| 3.4   | Flowchart Relai Gangguan Tanah (GFR).....       | 32 |
| 3.4.1 | Flowchart Pengumpulan Data.....                 | 32 |
| 3.4.2 | Flowchart Perhitungan dan Penyetelan Relai..... | 33 |

### **BAB IV PEMBAHASAN**

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 4.1     | Perhitungan Penyetelan Relai Gangguan Tanah (GFR) pada<br>Jaringan Tegangan Menengah 20 kV di Gardu Induk Boom<br>Baru..... | 34 |
| 4.1.1   | Perhitungan Impedansi Sumber.....   | 34 |
| 4.1.2   | Perhitungan Reaktansi Transformator.....  | 34 |
| 4.1.3   | Perhitungan Impedansi Penyulang.....  | 35 |
| 4.1.4   | Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan.....   | 38 |
| 4.1.5   | Perhitungan Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....   | 40 |
| 4.1.6   | Perhitungan Karakteristik Kerja Relai Saat Adanya<br>Gangguan.....  | 44 |
| 4.1.6.1 | Perhitungan Arus Penyetelan.....  | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 4.1.6.2 Perhitungan Waktu Penyetelan.....  | 48 |
| 4.1.6.3 Perhitungan Penyetelan Waktu.....  | 49 |
| 4.1.6.4 Karakteristik Kerja Relai Saat Terjadi<br>Gangguan.....  | 50 |
| 4.2 Pembahasan Perhitungan Penyetelan Relai Gangguan Tanah<br>(GFR) pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV di Gardu<br>Induk Boom Baru..... | 52 |

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

|                     |    |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 54 |
| 5.2 Saran.....      | 54 |

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 SUTM radial dengan tiga pemisah seksi otomatis (PSO) .....             | 9       |
| Gambar 2.2 SUTM dalam ring dengan lima pemisah seksi otomatis (PSO) ..            | 9       |
| Gambar 2.3 Penggunaan Sekering dalam Jaringan Tegangan Menengah .....             | 10      |
| Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah .....                          | 11      |
| Gambar 2.5 Sketsa Penyulang Tegangan Menengah .....                               | 15      |
| Gambar 2.6 Rangkaian Pengawatan Relai Gangguan Tanah (GFR).....                   | 16      |
| Gambar 2.7 Konversi $Z_s$ dari 70 kV ke 20 kV .....                               | 18      |
| Gambar 3.1 Diagram Satu Garis Gardu Induk Boom Baru Palembang.....                | 26      |
| Gambar 3.2 Gardu Induk Boom Baru Palembang .....                                  | 27      |
| Gambar 3.3 Transformator 30 MVA 70/20 kV Gardu Induk Boom Baru .....              | 28      |
| Gambar 4.1 Grafik Waktu Pemutusan Relai Gangguan Tanah Penyulang<br>Trafo 2 ..... | 53      |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1      Karakteristik Urutan Nol (Zero Sequence) dari Variasi<br>Elemen pada Sistem Tenaga Listrik ..... | 18      |
| Tabel 3.1      Arus dan Daya Hubung Singkat 3 Fasa Gardu Induk Boom<br>Baru .....                               | 26      |
| Tabel 3.2      Jenis Penghantar dan Panjang Penyulang Kurma .....   | 28      |
| Tabel 3.3      Impedansi Saluran Penyulang Kurma .....  | 28      |
| Tabel 3.4      Jenis Penghantar dan Panjang Penyulang Delima.....   | 29      |
| Tabel 3.5      Impedansi Saluran Penyulang Delima.....  | 29      |
| Tabel 3.6      Jenis Penghantar dan Panjang Penyulang Mangga.....   | 30      |
| Tabel 3.7      Impedansi Saluran Penyulang Mangga .....   | 31      |
| Tabel 4.1      Impedansi Penyulang Kurma Urutan Positif dan Negatif .....                                       | 35      |
| Tabel 4.2      Impedansi Penyulang Kurma Urutan Nol.....  | 36      |
| Tabel 4.3      Impedansi Penyulang Delima Urutan Positif dan Negatif .....                                      | 37      |
| Tabel 4.4      Impedansi Penyulang Delima Urutan Nol.....   | 37      |
| Tabel 4.5      Impedansi Penyulang Mangga Urutan Positif dan Negatif .....                                      | 38      |
| Tabel 4.6      Impedansi Penyulang Mangga Urutan Nol.....   | 38      |
| Tabel 4.7      Impedansi Ekuivalen Penyulang Kurma Urutan Positif dan<br>Negatif .....                          | 39      |
| Tabel 4.8      Impedansi Penyulang Kurma Urutan Nol .....   | 39      |
| Tabel 4.9      Impedansi Ekuivalen Penyulang Delima Urutan Positif dan<br>Negatif.....                          | 39      |
| Tabel 4.10     Impedansi Penyulang Delima Urutan Nol.....   | 40      |
| Tabel 4.11     Impedansi Ekuivalen Penyulang Mangga Urutan Positif dan<br>Negatif .....                         | 40      |
| Tabel 4.12     Impedansi Penyulang Mangga Urutan Nol.....   | 40      |
| Tabel 4.13     Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah Penyulang Kurma.....  | 44      |
| Tabel 4.14     Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah Penyulang Delima.....   | 44      |
| Tabel 4.15     Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah Penyulang Mangga.....   | 44      |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 4.16 | Impedansi Keseluruhan Penyulang Kurma.....                  | 45 |
| Tabel 4.17 | Impedansi Keseluruhan Penyulang Delima.....                 | 46 |
| Tabel 4.18 | Impedansi Keseluruhan Penyulang Mangga.....                 | 47 |
| Tabel 4.19 | Waktu Pemutusan Relai pada Penyulang Kurma.....             | 51 |
| Tabel 4.20 | Waktu Pemutusan Relai pada Penyulang Delima.....            | 51 |
| Tabel 4.21 | Waktu Pemutusan Relai pada Penyulang Mangga.....            | 52 |
| Tabel 4.22 | Perbandingan Hasil Perhitungan dengan Data di Lapangan..... | 52 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|             |   |
|-------------|---|
| Lampiran 1  | Lembar Rekomendasi  |
| Lampiran 2  | Lembar Konsultasi   |
| Lampiran 3  | Surat Kesepakatan Bimbingan                                   |
| Lampiran 4  | Surat Permohonan Magang                                       |
| Lampiran 5  | Absensi Magang  |
| Lampiran 6  | Surat Keterangan Telah Melaksanakan Magang                    |
| Lampiran 7  | Surat Permohonan Izin Pengambilan Data dari Udiklat Palembang |
| Lampiran 8  | Data Arus Hubung Singkat 3 Fasa di UPT Palembang              |
| Lampiran 9  | Data Impedansi Penghantar                                     |
| Lampiran 10 | Data Panjang Penyulang  |
| Lampiran 11 | Data Setelan Relai Gardu Induk Boom Baru                      |
| Lampiran 12 | Foto Relai Penyulang  |

# LAMPIRAN